

⑯ Aktenzeichen: 100 44 056.8
⑯ Anmeldetag: 31. 8. 2000
⑯ Offenlegungstag: 13. 6. 2001

⑯ Innere Priorität:
199 42 625. 2 01. 09. 1999
⑯ Anmelder:
Mediport Kardiotechnik GmbH, 12247 Berlin, DE
⑯ Vertreter:
Patentanwälte Gulde Hengelhaupt Ziebig, 10117
Berlin

⑯ Erfinder:
Spur, Günter, Prof.em. Dr.h.c.mult. Dr.-Ing., 14193
Berlin, DE; Uhlmann, Eckart, Prof. Dr.-Ing., 25368
Kiebitzreihe, DE; Patzwald, Reiner, Dr.-Ing., 21394
Südergellersen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

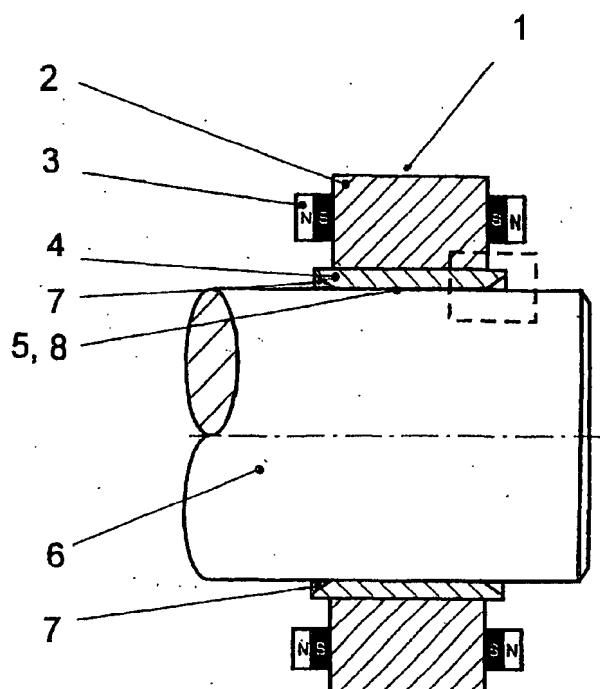
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Drehrichtungsunabhängiges hydrodynamisches Gleitlager unter Verwendung einer Magnetflüssigkeit als Schmiermittel

⑯ Die Erfindung bezieht sich auf ein hydrodynamisches Gleitlager unter Verwendung einer Magnetflüssigkeit als Schmiermittel.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einer Schmierung mit einer Magnetflüssigkeit beim Betrieb eines hydrodynamischen Gleitlagers eine weitestgehend gleichmäßige Ausbildung eines Schmierfilms im Schmierspalt zu erreichen, das heißt, eine Ansammlung der Magnetflüssigkeit an den Lagerrändern zu verhindern.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt mit einem Gleitlager, das dadurch gekennzeichnet ist, daß die Lagereinheit (1) aus einem Gleitteil (4, 14), einem am Gleitteil (4, 14) angeordneten Feldformer (2) und am Feldformer (2) anliegende Magneten (3) besteht, wobei zwischen der am Gleitteil (4, 14) drehbar angeordneten Welle (6) und dem Gleitteil (4, 14) ein Schmierspalt (5), eine Magnetflüssigkeit (8) enthaltend, ausgebildet ist.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein drehrichtungsunabhängiges hydrodynamisches Gleitlager unter Verwendung einer Magnetflüssigkeit als Schmiermittel gemäß Anspruch 1.

Bei den an sich bekannten hydrodynamischen Gleitlagern erfolgt der Druckaufbau im Lager durch die Relativbewegung zwischen Welle und Lager. Die dadurch hervorgerufene Strömung eines viskosen Schmierstoffs in einem sich verengenden Spalt führt zu einem Druckaufbau im Schmierspalt. Dazu ist die ständige Anwesenheit eines Schmierstoffes im Druckbereich des Gleitlagers notwendig. Über die Lagerbreite weist der Überdruckverlauf einen parabolischen Verlauf auf und fällt an den äußeren Randbereichen des Gleitlagers auf Null ab. Aufgrund dieses Druckverlaufes wird der Schmierstoff in Richtung des Randbereiches des Gleitlagers transportiert und verlässt dort das Lager. Zum Aufbau eines volltragenden Schmierfilms ist die ständige Zufuhr von Schmierstoff in den Schmierspalt erforderlich.

Im allgemeinen wird der Schmierstoff dem Lager an einer Stelle vor dem Beginn des Druckbereiches über eine Bohrung zugeführt.

Hinsichtlich ihrer Schmierstoffversorgung lassen sich hydrodynamische Gleitlager in drei wesentliche Gruppen einteilen.

Zum einen sind es die wartungsarmen, fettgeschmierten und wartungsfreien Sinterlager, die mit Schmierstoff getränkt sind. Sie weisen keinen volltragenden Schmierfilm auf und werden daher mit geringen Schmierfilmhöhen betrieben.

Des Weiteren sind eigengeschmierte Gleitlager bekannt, die durch die Wellenbewegung den Schmierstoff dem Lager zuführen. Der aus dem Lager entwichene Schmierstoff wird in einem Ölsumpf gesammelt und durch Förderelemente, wie feste oder lose Schmierringe, die von der Welle angetrieben werden, und Abstreifer dem Schmierloch zugeführt. Die Wahl der Zuführung des Schmierstoffes hängt von der Umfangsgeschwindigkeit, der Schmierstoffviskosität und der Einbaulage des Lagers ab.

Bei der Umlauf- oder Druckschmierung wird der Schmierstoff mittels einer Pumpe dem Lager zugeführt. Die dem Lager zugeführte Schmierstoffmenge kann durch den gewählten Druck beeinflußt werden und für eine zusätzliche Kühlung des Lagers sorgen.

Weiterhin sind mit Magnetflüssigkeiten geschmierte hydrodynamisch betriebene Gleitlager bekannt.

Magnetflüssigkeiten sind stabile Feststoffdispersionen mit superparamagnetischen Eigenschaften, deren Teilchen weder im Erdschwere- noch im Magnetfeld sedimentieren. Superparamagnetische Eigenschaften zeichnen sich dadurch aus, daß entsprechende Materialien keine Hysterese haben.

Magnetflüssigkeiten bestehen im wesentlichen aus drei Komponenten.

Die magnetische Komponente sind Feststoffteilchen, aus fern- oder ferromagnetischen Substanzen mit einer Größe von 3–50 nm. Eine weitere Komponente sind Tenside, die als einfache oder doppelte Adsorptionsschicht die Feststoffteilchen umhüllen. Die dritte Komponente ist eine Trägerflüssigkeit, in der die Teilchen als disperse Phase homogen und stabil verteilt sind. Werden die Magnetflüssigkeiten als Schmiermittel verwendet, werden als Trägerflüssigkeit Öle eingesetzt. Tensidmoleküle sind sogenannte amphiphile Moleküle, die sowohl hydrophile als auch lipophile Eigenschaften besitzen. Die enthaltenen hydrophilen Gruppen werden an den Teilchenoberflächen unter Bildung von monomolekularen Adsorptionsschichten chemisch fixiert. Als hydrophile, chemisch sorbierbare Moleküle eignen sich Carbonsäure-, Sulfonat-, Sulfat- und Phosphatgruppen, aber

auch Aminogruppen. Die magnetischen Nanometerteilchen bestehen beispielsweise aus Magnetit, Maghemit oder Ferriten.

Bei den Gleitlagern unter Verwendung von Magnetflüssigkeiten wird der seitliche Abfluß der schmierenden Magnetflüssigkeit durch die Abdichtung des Randbereiches des Lagers mittels einer Magnetflüssigkeitsdichtung verhindert. Der Schmierspalt wird bei dieser Schmierungsart nicht von einem Magnetfeld durchflossen. Hierbei ist als nachteilig anzusehen, daß ein relativ hoher axialer Platzbedarf notwendig ist und eine Ansammlung der schmierenden Magnetflüssigkeit an den Lagerrändern erfolgt. Die Pole der Magnetflüssigkeitsdichtung üben auf die als Schmierstoff eingesetzte Magnetflüssigkeit magnetische Anziehungskräfte aus, so daß eine verstärkte Ansammlung des Schmierstoffes im Randbereich erfolgt. Zur Verminderung dieses nachteiligen Effektes ist die Welle mit sogenannten einwärts fördern den Nuten versehen, die eine Schmierstoffströmung nach außen verhindern sollen. Das macht den Aufbau des Gleitlagers kompliziert und damit in der Herstellung kostenaufwendig.

Bekannte Gleitlager des Standes der Technik weisen demzufolge die bereits beschriebenen Mängel auf. So z. B. ein in US-A 3,612,630 beschriebenes Lager, in dem eine magnetische Flüssigkeit als Dichtmittel fungiert, und das hydrostatisch ist. Die Tragfähigkeit eines solch hydrostatischen Lagers ist durch die Abdichtwirkung der fixierten Magnetflüssigkeit begrenzt. Diesen Nachteil der herabgesetzten Tragfähigkeit weisen auch hydrodynamische Gleitlager auf. So z. B. das US-A 3,834,775, das eine magnetische Flüssigkeit auch als Dichtmittel einsetzt, und in dem eine Welle mit ferromagnetischen Eigenschaften eine magnetisch leitende Verbindung zwischen den Dichtspalten darstellt. Oder die in DE-A1 33 04 632 und US-A 3,439,961 beschriebenen Lager. Sie besitzen strukturierte Wellen mit so genannten einwärtsfördernden Nuten. Flüssige Schmierstoffe scheiden für die Anwendung dieser Lager aus, da sie im Stillstand der Lager wegschießen würden. Ein weiterer Nachteil dieser Lager besteht darin, daß sie nur eine Drehrichtung aufweisen, weil bei Drehrichtungsumkehr ein auswärts förderndes Lager entsteht, welches einen entsprechenden Schmierstoffverlust aufweist.

Der Erfindung lag deshalb die Aufgabe zugrunde, bei einer Schmierung mit einer Magnetflüssigkeit beim Betrieb eines hydrodynamischen Gleitlagers eine weitestgehend gleichmäßige Ausbildung eines Schmierfilms im Schmierspalt zu erreichen, das heißt, eine Ansammlung der Magnetflüssigkeit an den Lagerrändern zu verhindern.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt durch ein drehrichtungsunabhängiges hydrodynamisches Gleitlager mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1.

Durch die Anordnung von Feldformern und Magneten, die sowohl als Permanentmagnete als auch als Elektromagnete ausgebildet sein können, wird erreicht, daß sich das Magnetfeld im wesentlichen senkrecht im Schmierspaltbereich ausbildet, d. h. der Schmierspalt wird erfahrungsgemäß von einem senkrecht verlaufenden Magnetfeld durchflossen. Bei der Magnetisierung des Schmierspaltes sollte über die Lagerbreite, das heißt über die Breite des Schmierspaltes, ein einziger Magnetpol vorhanden sein. Befinden sich in axialer Richtung mehrere Pole und damit auch Magnetfeldgradienten, so kann dies zu einer einseitigen Ansammlung eines magnetischen Schmierstoffes, in diesem Falle der Magnetflüssigkeit, führen. Der seitliche Austritt des magnetischen Schmierstoffes aus dem Lager wird durch eine Verringerung der Magnetfeldstärke in diesem Bereich erreicht, so daß dadurch die magnetische Schmierstoffflüssigkeit vorteilhafterweise an jeder gewünschten Stelle im

Lager fixiert werden kann.

Das erfundungsgemäße hydrodynamische Gleitlager besteht grundsätzlich aus einem Gleitteil, das beispielsweise als Lagerbuchse ausgebildet sein kann, einem Feldformer aus ferromagnetischem Material und Magneten. Im Gleitteil wird eine ferromagnetische Welle geführt. Im zwischen dem Gleitteil und der Welle befindlichen Schmierspalt findet der hydrodynamische Druckaufbau statt. Neben dem Schmierspalt befindet sich ein Bereich, der einen größeren Abstand vom Gleitteil und Welle aufweist und nicht am Druckaufbau beteiligt ist. Dieser Bereich wird hier Reservoir genannt. Die Form des Reservoirs ist beliebig. Mögliche Formen sind Absätze, Fasen oder Nuten im Gleitteil oder in der Welle.

Das Gleitteil wird in radialer Richtung von dem Feldformer umgeben. Der Feldformer hat eine zylindrische Bohrung zur Aufnahme des Gleitteiles. Die geometrische Form des Feldformers ist in weiten Grenzen variierbar, so daß eine hervorragende Anpaßbarkeit der Lagereinheit für die verschiedensten Anwendungen möglich ist. Vorteilhaft ist es, daß die Breite des Feldformers in axialer Richtung größer oder gleich der Breite des Schmierspaltes ist. Die Magneten werden mehr- oder einseitig am Feldformer angeordnet. Bei einer beidseitigen Magnetanordnung ist eine gleiche Polung beider Permanentmagnetreihen notwendig. Zur besseren Führung des Magnetfeldes können zusätzlich sogenannte Polscheiben verwendet werden. Die geometrische Ausbildung der Magnete ist ebenfalls in weiten Grenzen variierbar. Sie kann entsprechend der Form der Lagereinheit angepaßt werden.

Neben der Magnetisierung eines einzelnen radialen Gleitlagers ist die Magnetisierung einer kompletten Lagerung zweier radialer Gleitlager möglich. Zur Aufnahme axialer Kräfte kann ein radiales Gleitlager mit einem axialen Gleitlager kombiniert werden. Als Ausgleich der dabei auftretenden axialen Magnetkräfte ist ein zweites, in entgegen gesetzter Richtung wirkendes axiales Gleitlager notwendig.

Die Kombination von Axial- und Radiallager in einem Schmierspalt kann durch einen kegeligen Lagersitz realisiert werden. Auch hier ist zum Ausgleich der axialen Kräfte ein zweites Lager notwendig. Das im Schmierspalt des Lagers erfundungsgemäß vorhandene Magnetfeld übt auf den Schmierstoff eine Kraftwirkung aus, die einen seitlichen Austritt verhindert. Beim Befüllen des Lagers wird neben dem Schmierspalt auch das Reservoir mit Magnetflüssigkeit gefüllt, um bei einer temperaturbedingten Vergrößerung des Schmierspaltvolumens Schmierstoff zum Nachfließen in den Schmierspalt bereitzustellen. Die vollständige Füllung des Schmierspaltes mit Schmierstoff ermöglicht den Aufbau eines volltragenden Schmierfilmes, der in der Lage ist, auch große Lasten zu übertragen. Das Betriebsverhalten unterscheidet sich damit nicht wesentlich von einem konventionell geschmierten hydrodynamischen Gleitlager.

Die Erfundung weist verschiedene Vorteile auf. Der Schmierungsaufwand gegenüber den bekannten Gleitlagern ist bedeutend vermindert. Die Schmierstoffmenge läßt sich ebenfalls verringern. Ein nachteiliger Schmierstoffaustritt ist nicht zu beobachten.

Das erfundungsgemäße Gleitlager ist drehrichtungsunabhängig und erfordert keine strukturierte Wellenoberflächen. Des Weiteren ist die Einbaulage des erfundungsgemäßen Gleitlagers von der Schmierstoffversorgung unabhängig.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil ist, daß nichtmagnetische Verschleißpartikel aus dem Schmierspalt herausgedrängt werden.

Die Erfundung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen und Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen

Fig. 1a ein Gleitlager mit zweiseitiger Magnetanordnung,

Fig. 1b einen Halbschnitt des Gleitlagers mit zweiseitiger Magnetanordnung,

Fig. 1c eine Schnittdarstellung verschiedener Gestaltungen des Reservoirs,

Fig. 1d eine schematische Darstellung der Magnetfeldlinien des Radiallagers gemäß Fig. 1a,

Fig. 2a ein Gleitlager mit einseitiger Magnetanordnung und Polscheibe,

Fig. 2b eine schematische Darstellung der Magnetfeldlinien des Radiallagers gemäß Fig. 2a,

Fig. 3a eine Gleitlagerung mit zwei Radiallagern,

Fig. 3b eine schematische Darstellung der Magnetfeldlinien des Lagers gemäß Fig. 2a,

Fig. 4a ein Gleitlager mit kombiniertem Radial-Axiallager,

Fig. 4b eine schematische Darstellung der Magnetfeldlinien des Lagers gemäß Fig. 4a,

Fig. 5 ein als Doppelkegellager ausgeführtes Gleitlager,

Fig. 6a ein Gleitlager mit kombiniertem hydrodynamischem Radial- und Axiallager in Anlehnung an Fig. 2 und Fig. 4,

Fig. 6b eine Variante nach Fig. 6a,

Fig. 7a eine Variante nach Fig. 6a,

Fig. 7b eine Variante nach Fig. 7a,

Fig. 7c eine schematische Darstellung der Magnetfeldlinien des Lagers gemäß Fig. 7a,

Fig. 8a eine Variante eines Doppelkegellagers nach Fig. 5,

Fig. 8b eine Variante nach Fig. 8a,

Fig. 8c eine schematische Darstellung der Magnetfeldlinien des Lagers gemäß Fig. 8a,

Fig. 9a eine Variante nach Fig. 8a,

Fig. 9b eine Variante nach Fig. 9a und

Fig. 9c eine schematische Darstellung der Magnetfeldlinien des Lagers gemäß Fig. 9a,

Fig. 1a zeigt die Gleitlagerung einer Welle 6. Eine Lagereinheit 1 enthält eine Lagerbuchse 4, einen Feldformer 2, der aus ferromagnetischem Material besteht, und eine Anordnung von Permanentmagneten 3. In der Lagerbuchse 4 wird die Welle 6 geführt. Sie besteht aus ferromagnetischem Material. Der Raum zwischen der Welle 6 und der Lagerbuchse 4 wird als Schmierspalt 5 bezeichnet. Er enthält eine Magnetflüssigkeit 8. Die beidseitig des Feldformers 2 angeordneten Permanentmagneten 3 erzeugen ein Magnetfeld, das senkrecht durch den Schmierspalt 5 verläuft. Die beidseitigen Anordnungen der Permanentmagnete 3 weisen eine gleiche Polung auf. Im Schmierspalt 5 findet der hydrodynamische Druckaufbau statt. Im Randbereich des Schmierspaltes 5 befindet sich ein Reservoir 7, das am hydrodynamischen Druckaufbau nicht beteiligt ist. Die Form des Reservoirs 7 ist hier als Fase dargestellt. Die Lagerbuchse 4 wird in radialer Richtung von dem Feldformer 2 umgeben. Hier weist der Feldformer 2 eine zylindrische Bohrung zur Aufnahme der Lagerbuchse 4 auf. Die Breite des Feldformers 2 in axialer Richtung gesehen, ist größer oder gleich der Breite des Schmierspaltes 5. Das durch den Schmierspalt 5 durchtretende Magnetfeld übt auf die Magnetflüssigkeit 8 eine Kraftwirkung aus, die einen seitlichen Austritt verhindert. Beim Befüllen des erfundungsgemäßen Gleitlagers wird neben dem Schmierspalt 5 auch das Reservoir 7 mit Magnetflüssigkeit 8 gefüllt, um bei einer temperaturbedingten Vergrößerung des Volumens des Schmierspaltes 5 die Magnetflüssigkeit 8 zum Nachfließen in den Schmierspalt 5 bereitzustellen. Die vollständige Füllung des Schmierspaltes 5 mit der Magnetflüssigkeit 8 ermöglicht den Aufbau eines volltragenden Schmierfilmes, der auch in der Lage ist, große Lasten zu übertragen. Das Betriebsverhalten unterscheidet sich damit nicht wesentlich von einem

55 Hier weist der Feldformer 2 eine zylindrische Bohrung zur Aufnahme der Lagerbuchse 4 auf. Die Breite des Feldformers 2 in axialer Richtung gesehen, ist größer oder gleich der Breite des Schmierspaltes 5. Das durch den Schmierspalt 5 durchtretende Magnetfeld übt auf die Magnetflüssigkeit 8 eine Kraftwirkung aus, die einen seitlichen Austritt verhindert. Beim Befüllen des erfundungsgemäßen Gleitlagers wird neben dem Schmierspalt 5 auch das Reservoir 7 mit Magnetflüssigkeit 8 gefüllt, um bei einer temperaturbedingten Vergrößerung des Volumens des Schmierspaltes 5 die Magnetflüssigkeit 8 zum Nachfließen in den Schmierspalt 5 bereitzustellen. Die vollständige Füllung des Schmierspaltes 5 mit der Magnetflüssigkeit 8 ermöglicht den Aufbau eines volltragenden Schmierfilmes, der auch in der Lage ist, große Lasten zu übertragen. Das Betriebsverhalten unterscheidet sich damit nicht wesentlich von einem

konventionell geschmierten hydrodynamischen Gleitlager.

Fig. 1b zeigt in Schnittdarstellung das in **Fig. 1a** beschriebene Gleitlager.

Fig. 1c zeigt verschiedene Varianten der Ausbildung des Reservoirs **7**. Die Gestaltung des Reservoirs ist beliebig zu wählen. Es kann sowohl in der Lagerbuchse **4** als auch in der Welle **6** ausgebildet werden.

Fig. 1d zeigt den Verlauf der Magnetfeldlinien des in **Fig. 1a** beschriebenen Gleitlagers mit den magnetführenden Bauteilen. Das von den Permanentmagneten **3** ausgehende Magnetfeld wird über den magnetisch leitenden Feldformer **2** zu der ebenfalls magnetisch leitenden Welle **6** geleitet. Die magnetisch nicht leitende Lagerbuchse **4** und der die Magnetflüssigkeit **8** enthaltende Schmierspalt **5** sowie Bereiche des Magnetflüssigkeit **8** enthaltenden Reservoirs **7** werden von einem senkrecht verlaufenden Magnetfeld durchflossen. Durch die Anordnung der Magnete **3**, des Feldformers **2** und der Welle **6** entsteht ein Bereich mit hoher Magnetfeldstärke **17**, in dem sich der Schmierspalt **5** und Bereiche des Reservoirs **7** befinden. An den seitlichen Rändern des Bereiches mit hoher Magnetfeldstärke **17** befindet sich ein Bereich mit geringer Magnetfeldstärke **18**. Der an einem Übergangsbereich **19** zwischen dem Bereich mit hoher Magnetfeldstärke **17** und dem Bereich mit geringer Magnetfeldstärke **18** auftretende Magnetfeldgradient übt eine Kraft auf die Magnetflüssigkeit aus. Diese Krafteinwirkung verhindert das seitliche Wegfließen der Magnetflüssigkeit **8**.

In **Fig. 2a** ist ein erfundungsgemäßes hydrodynamisches Gleitlager dargestellt, das bezogen auf den Feldformer **2** eine einseitige Anordnung der Permanentmagnete aufweist. Als Besonderheit wird zusätzlich eine Polscheibe **10** vorgesehen, die aus ferromagnetischem Material besteht und der optimalen Weiterleitung des magnetischen Feldes dient.

Fig. 2b zeigt den Verlauf der Magnetfeldlinien des in **Fig. 2a** dargestellten Radiallagers mit den magnetfeldführenden Bauteilen und den Bereich hoher Magnetfeldstärke **17**, den Bereich niedriger Magnetfeldstärke **18** sowie den Übergangsbereich **19**.

In **Fig. 3a** ist eine weitere Ausbildung des erfundungsgemäßes hydrodynamischen Gleitlagers dargestellt. Die Gleitlagerung der Welle **6** erfolgt hier mit zwei Radiallagern. Zwischen den beiden Feldformern **2** ist eine Anordnung von Permanentmagneten **3** vorgesehen. Die Verbindung der Permanentmagnete **3** zu den Feldformern **2** erfolgt über Zwischenstücke **9**. Auch hier durchtritt das magnetischen Feld den Schmierspalt **5** senkrecht in beiden angegebenen Radiallagern.

Fig. 3b zeigt den Verlauf der Magnetfeldlinien der in **Fig. 3a** dargestellten Wellenlagerung mit den magnetfeldführenden Bauteilen und den Bereich hoher Magnetfeldstärke **17**, den Bereich niedriger Magnetfeldstärke **18** sowie den Übergangsbereich **19**.

Fig. 4a zeigt ein erfundungsgemäß kombiniertes Radial- und Axiallager für die hydrodynamische Gleitlagerung. Die Permanentmagnete **3** sind zwischen den radial angeordneten Feldformern **2** und den axial angeordneten Feldformern **2** fixiert. Ein Wellenbund **13** dient der axialen Kraftaufnahme der Welle **6**. Als Gleitteil ist hier eine Lagerscheibe **14** vorgesehen.

Fig. 4b zeigt den Verlauf der Magnetfeldlinien des in **Fig. 4a** dargestellten Radial- und Axiallagers mit den magnetfeldführenden Bauteilen und den Bereich hoher Magnetfeldstärke **17**, den Bereich niedriger Magnetfeldstärke **18** sowie den Übergangsbereich **19**.

Fig. 5 zeigt ein erfundungsgemäßes Doppelkegellager. Die mittig angeordneten Permanentmagnete **3** übertragen über die Zwischenstücke **9** das Magnetfeld auf die Schmierspalte **5**, die hier kegelförmig die an dieser Stelle kegelför-

mig geformte Welle **6** umgeben.

In **Fig. 6a** ist in Anlehnung an **Fig. 2** und **Fig. 4** eine erfundungsgemäßes Lagerseinheit **1** mit kombiniertem hydrodynamischem Radial- und Axiallager dargestellt. Die Permanentmagnete **3** sind zwischen den zwei radial angeordneten Feldformern **2** fixiert. Die axialen Lagerkräfte werden über den Wellenbund **13**, der ein Formelement der Welle **6** darstellt, auf die beiden Lagerscheiben **14** übertragen. Radiale Lagerkräfte werden durch die beiden seitlichen Lagerbuchsen **4** übertragen. Die Anordnung der Lagerscheiben **14** um den Wellenbund **13** führt zu einer links- und rechtsseitigen Fixierung der Welle **6**. Der Abstand der beiden Lagerscheiben **14** zum Wellenbund **13** wird durch den Distanzring **16** eingestellt.

Eine Variante nach **Fig. 6a** ist in **Fig. 6b** dargestellt. Als in der Lagerseinheit **1** drehbarem Element ist ein Innenring **15** angeordnet. Dadurch ist eine Montage der kompletten Lagerseinheit **1** auf eine Welle möglich.

In **Fig. 7a** ist eine Variante nach **Fig. 6a** dargestellt. Die Permanentmagnete **3** sind zwischen dem radial angeordneten Feldformer **2** und der Polscheibe **10** fixiert. Die radialem Lagerkräfte werden von der Lagerbuchse **4** übertragen. Eine Variante nach **Fig. 7a** ist in **Fig. 7b** dargestellt. Als in der Lagerseinheit **1** drehbarem Element ist ein Innenring **15** angeordnet.

Fig. 7c zeigt den Verlauf der Magnetfeldlinien des in **Fig. 7a** dargestellten Radial- und Axiallagers mit den magnetfeldführenden Bauteilen und den Bereich hoher Magnetfeldstärke **17**, den Bereich niedriger Magnetfeldstärke **18** sowie den Übergangsbereich **19**.

Fig. 8a zeigt eine Variante eines Doppelkegellagers nach **Fig. 5**. Die Permanentmagnete **3** sind zwischen den zwei radial angeordneten Feldformern **2** fixiert. Die radialem und axialen Lagerkräfte werden über die kegelförmigen Gleitteile (Lagerbuchsen) und die kegelförmig geformte Welle übertragen. Der Abstand der beiden Feldformer **2** wird durch den Distanzring **16** eingestellt.

Eine Variante nach **Fig. 8a** ist in **Fig. 8b** dargestellt. Als in der Lagerseinheit **1** drehbarem Element ist ein Innenring **15** angeordnet.

Fig. 8c zeigt den Verlauf der Magnetfeldlinien des in **Fig. 8a** dargestellten Doppelkegellagers mit den magnetfeldführenden Bauteilen und den Bereich hoher Magnetfeldstärke **17**, den Bereich niedriger Magnetfeldstärke **18** sowie den Übergangsbereich **19**.

Fig. 9a zeigt eine Variante nach **Fig. 8a**. Die Permanentmagnete **3** sind außen an den Feldformern **2** angeordnet. Ein mittlerer Feldformer **2** ist zwischen den äußeren Feldformern **2** angeordnet.

Eine Variante nach **Fig. 9a** ist in **Fig. 9b** dargestellt. Als in der Lagerseinheit **1** drehbarem Element ist ein Innenring **15** angeordnet.

Fig. 9c zeigt den Verlauf der Magnetfeldlinien des in **Fig. 9a** dargestellten Doppelkegellagers mit den magnetfeldführenden Bauteilen und den Bereich hoher Magnetfeldstärke **17**, den Bereich niedriger Magnetfeldstärke **18** sowie den Übergangsbereich **19**.

Bezugszeichenliste

- 60 1 Lagerseinheit
- 2 Feldformer
- 3 Permanentmagnet
- 4 Lagerbuchse
- 65 5 Schmierspalt
- 6 Welle
- 7 Reservoir
- 8 Magnetflüssigkeit

9 Zwischenstück	
10 Polscheibe	
11 Fase	
12 Nut	
13 Wellenbund	5
14 Lagerscheibe	
15 Innenring	
16 Distanzring	
17 Bereich hoher Magnetfeldstärke	
18 Bereich niedriger Magnetfeldstärke	10
19 Übergangsbereich	

Patentansprüche

1. Drehrichtungsunabhängiges hydrodynamisches 15 Gleitlager bestehend aus einer Lagereinheit (1), in dem eine Welle (6) drehbar angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lagereinheit (1) aus einem Gleitteil (4, 14), mindestens einem am Gleitteil (4, 14) angeordneten Feldformer (2) und am Feldformer (2) mit einem Pol anliegende Magneten (3) besteht, wobei zwischen der am Gleitteil (4, 14) drehbar angeordneten Welle (6) und dem Gleitteil (4, 14) ein Schmierspalt (5), eine Magnetflüssigkeit (8) als Schmiermittel enthaltend, ausgebildet ist, wobei die Welle (6) und der Feldformer (2) magnetisch leitend sind. 20
2. Gleitlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnete (3) mit dem Feldformer (2) magnetisch leitend verbunden sind. 25
3. Gleitlager nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnete (3) über ferromagnetisch leitende Zwischenstücke (9) mit dem Feldformer (2) verbunden sind. 30
4. Gleitlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnete (3) mit dem Feldformer (2) nicht-ferromagnetisch leitend verbunden sind. 35
5. Gleitlager nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnete (3) mit einem Pol am Feldformer (2) und mit dem entgegengesetzten Pol an einer Polscheibe (10) anliegend angeordnet sind. 40
6. Gleitlager nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnete (3) punktuell oder als Ringmagnete um die Welle (6) herum angeordnet sind. 45
7. Gleitlager nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß am Feldformer (2) mehrseitig Magnete (3) angeordnet sind. 50
8. Gleitlager nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß am Feldformer (2) einseitig Magnete (3) angeordnet sind. 55
9. Hydrodynamisches Gleitlager nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnete (3) zwischen zwei Feldformern (2), ggf. zwischen zwei Zwischenstücke (9), angeordnet sind. 60
10. Gleitlager nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Gleitteil (4, 14) ferromagnetische Eigenschaften aufweist. 65
11. Gleitlager nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Gleitteil (4, 14) nicht-ferromagnetische Eigenschaften aufweist. 70
12. Gleitlager nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß im Randbereich des Gleitteils (4, 14) ein Reservoir (7) für die Magnetflüssigkeit (8) angeordnet ist. 75
13. Gleitlager nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Reservoir (7) als Fase, Nut oder Absatz am Gleitteil (4, 14) oder als Nut oder

als Absatz in der Welle (6) ausgebildet ist.

14. Gleitlager nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß als drehbares Element in der Lagereinheit (1) ein Innenring (15) angeordnet ist. 80
15. Gleitlager nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß bei Verwendung mehrerer Feldformer zwischen diesen jeweils ein Distanzring (16) angeordnet ist.
16. Gleitlager nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite des Feldformers (2) im wesentlichen mit der Breite des Schmierspaltes (5) korreliert. 85
17. Gleitlager nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite des Feldformers (2) der Breite des Schmierspaltes (5) entspricht. 90
18. Gleitlager nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnete Permanentmagnete und/oder Elektromagnete. 95

Hierzu 21 Seite(n) Zeichnungen

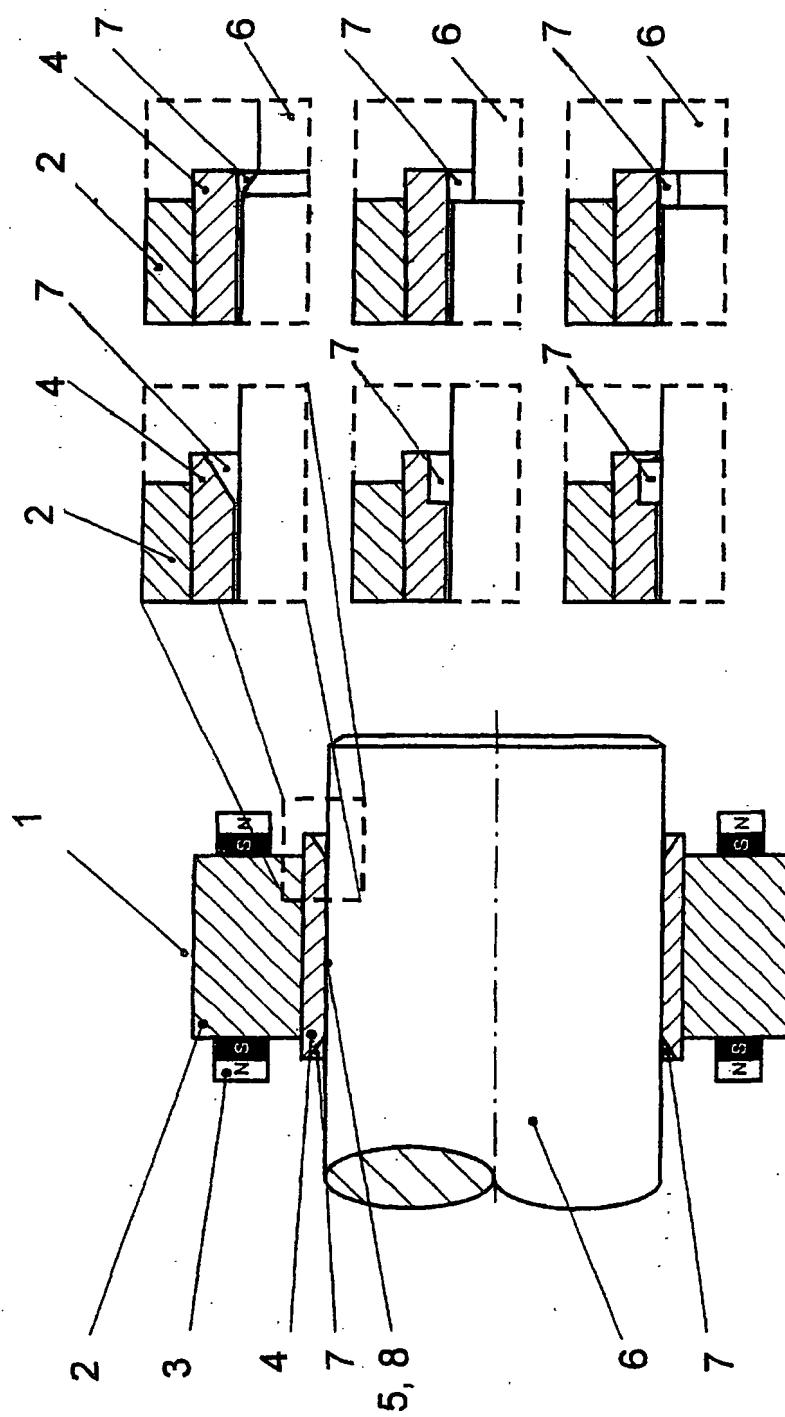


Fig.1c

Fig.1a

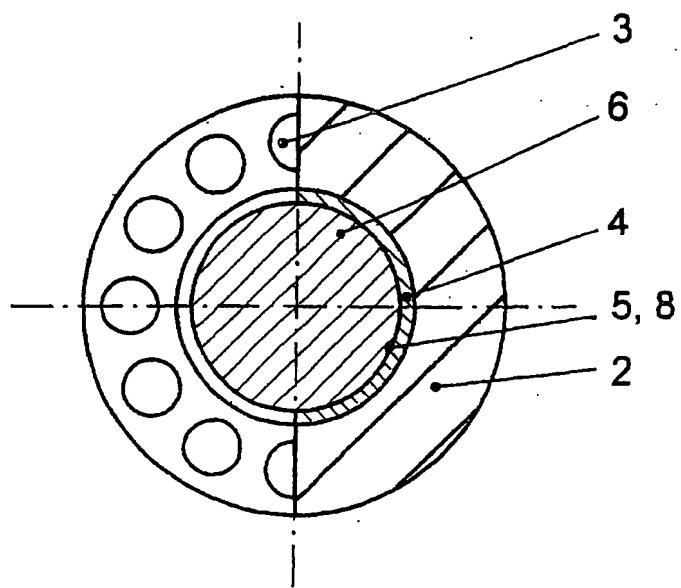


Fig. 1b

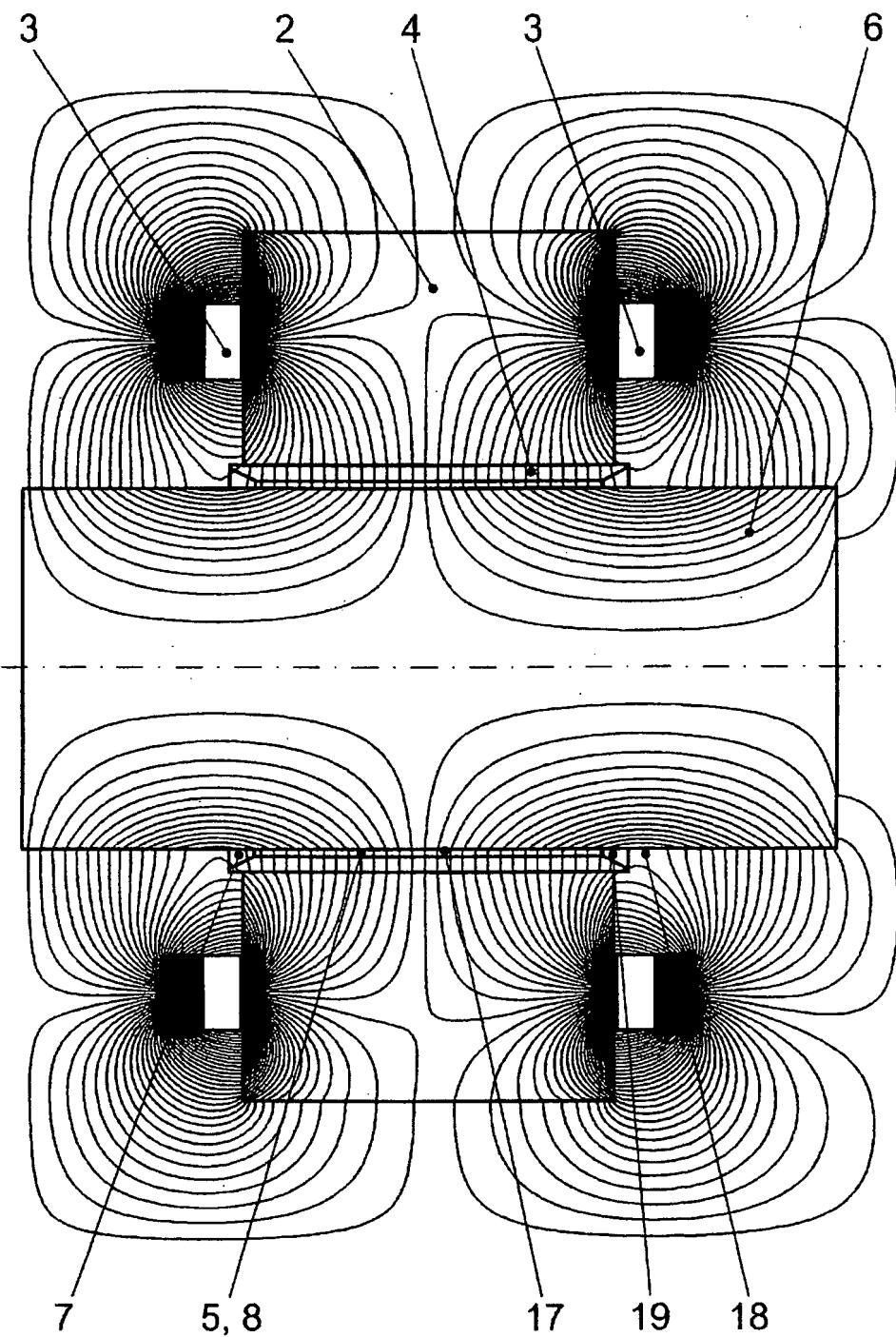


Fig. 1d

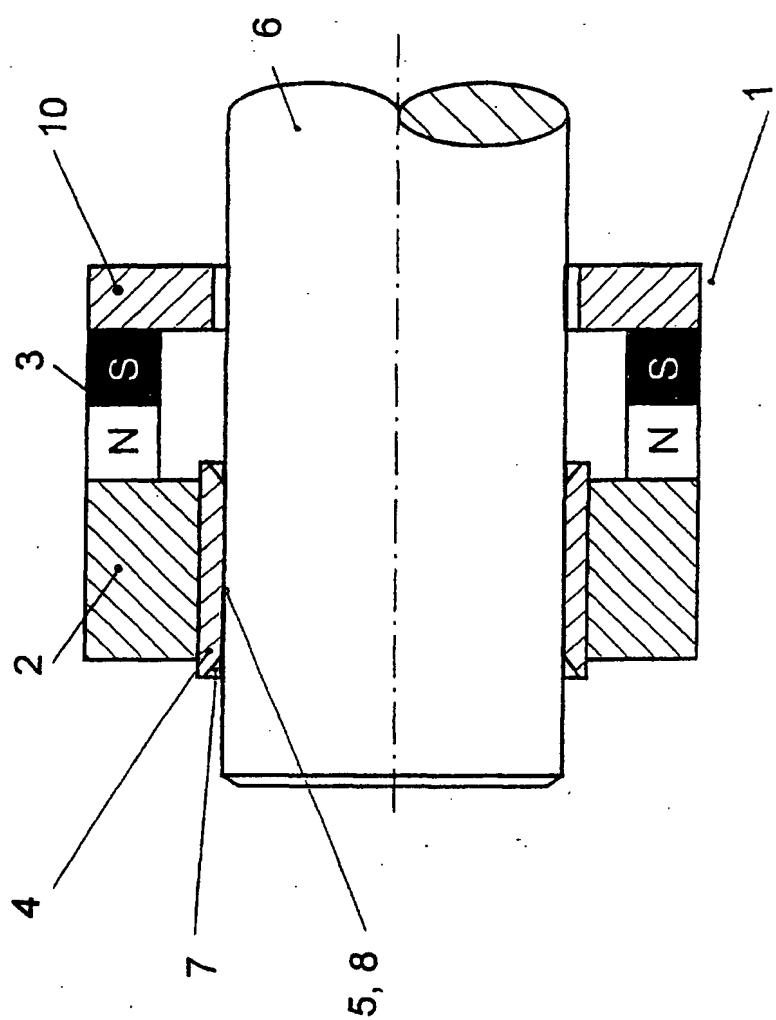


Fig. 2a

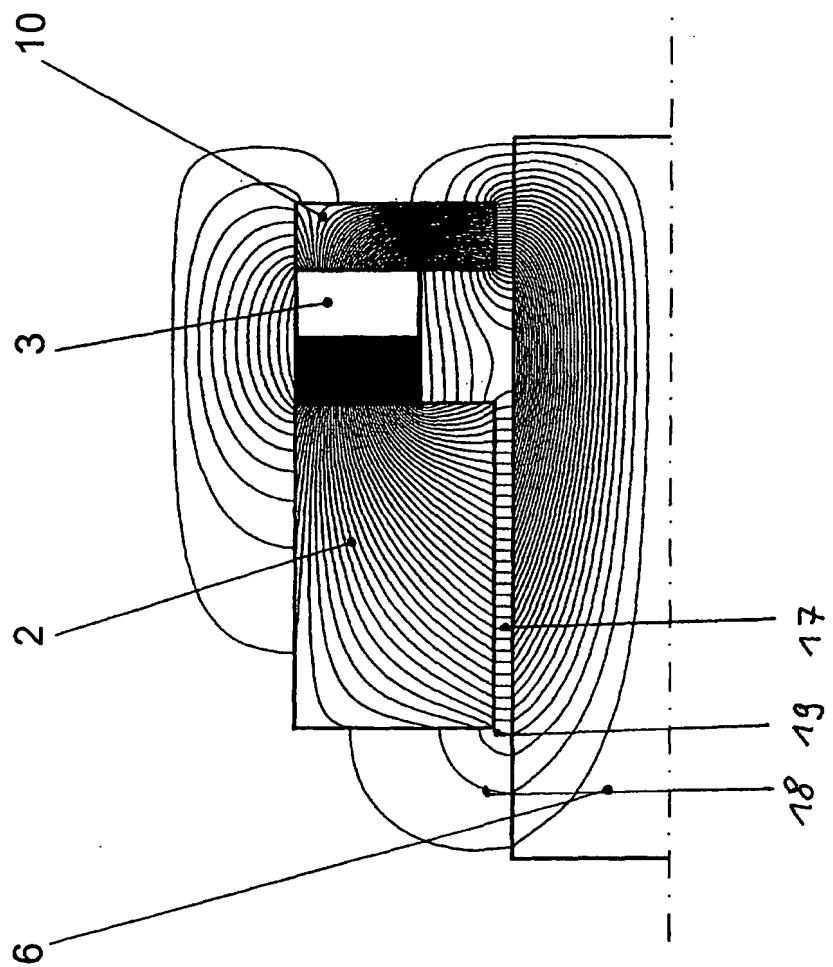


Fig. 2b

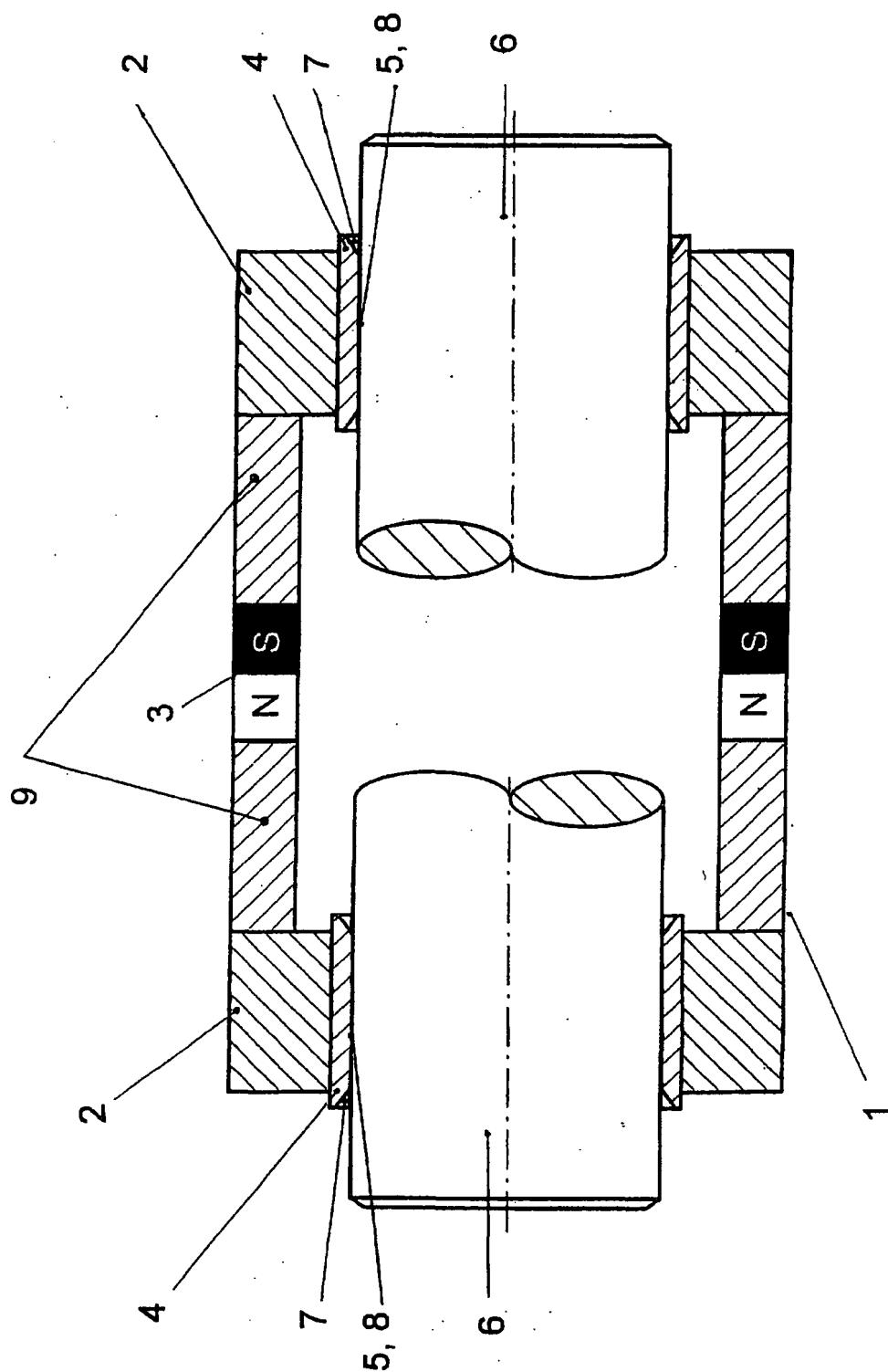


Fig. 3 a

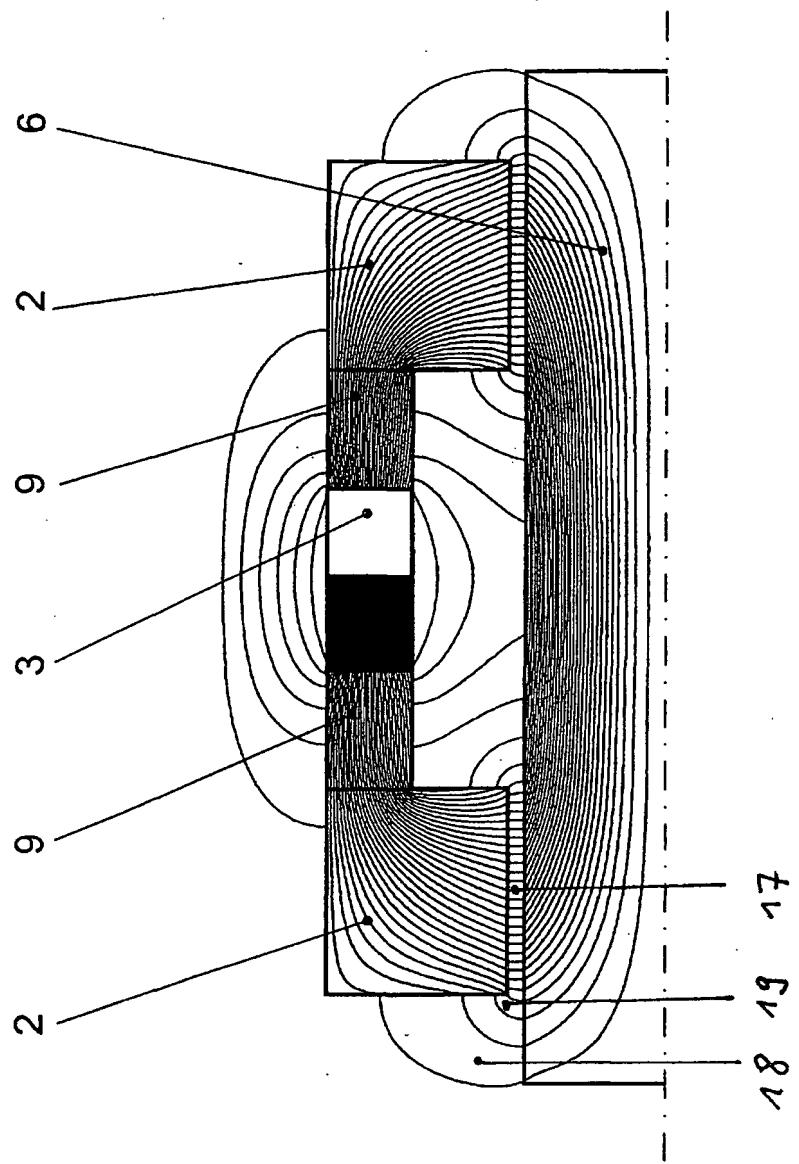


Fig. 3b

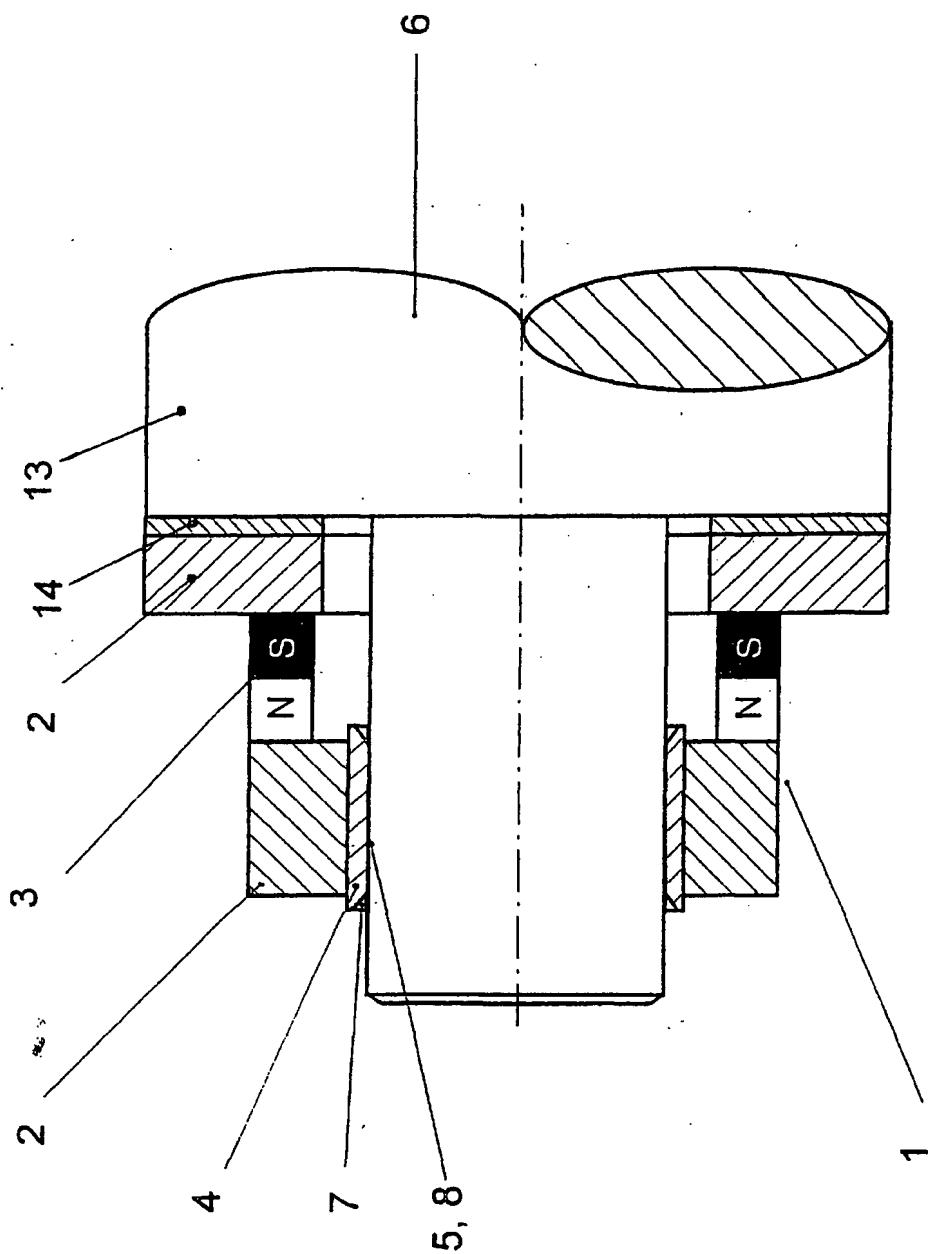


Fig. 4a

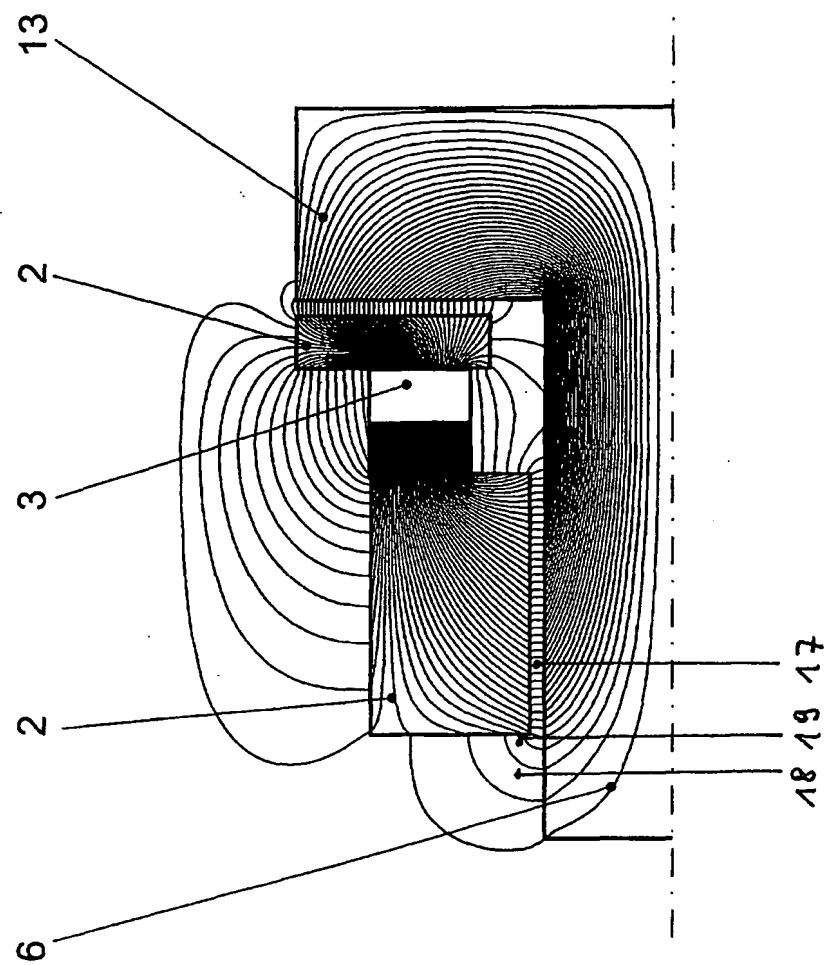


Fig. 4b

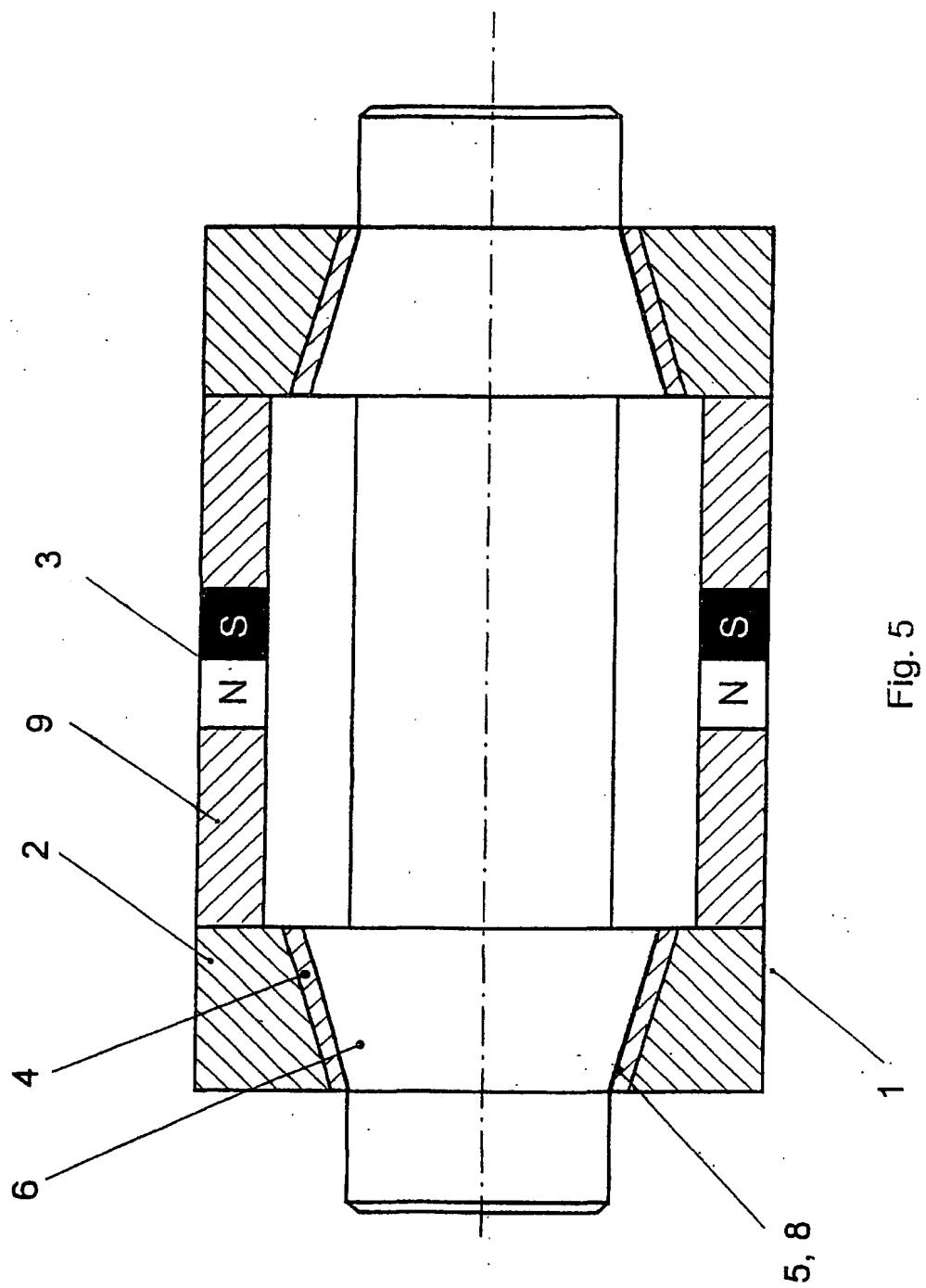


Fig. 5

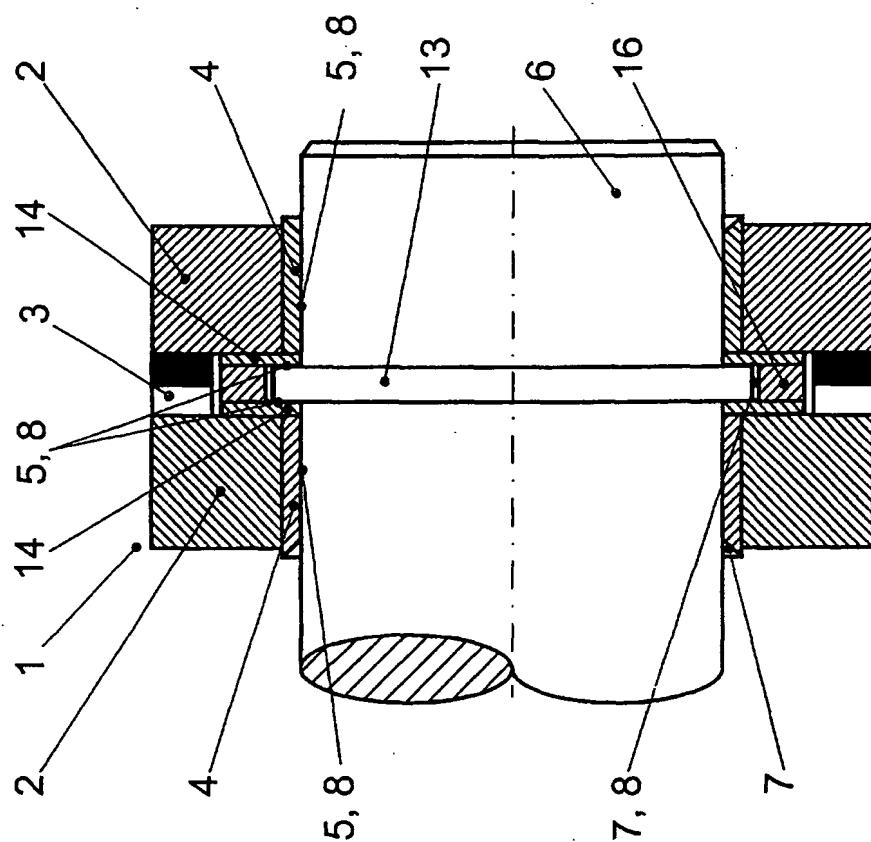


Fig. 6a

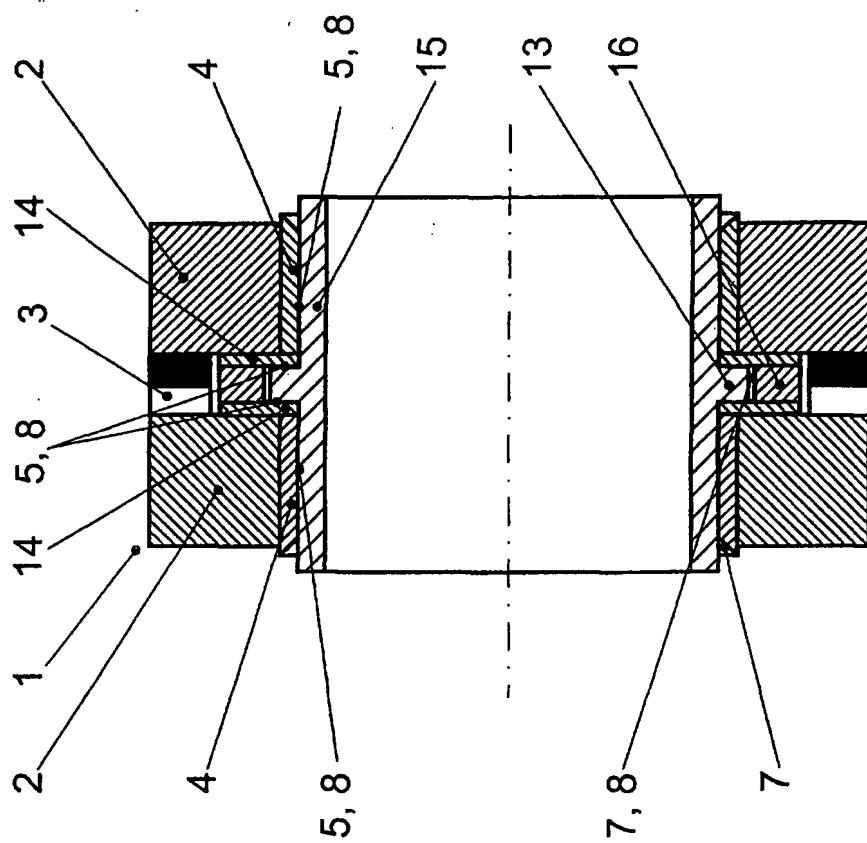


Fig. 6b

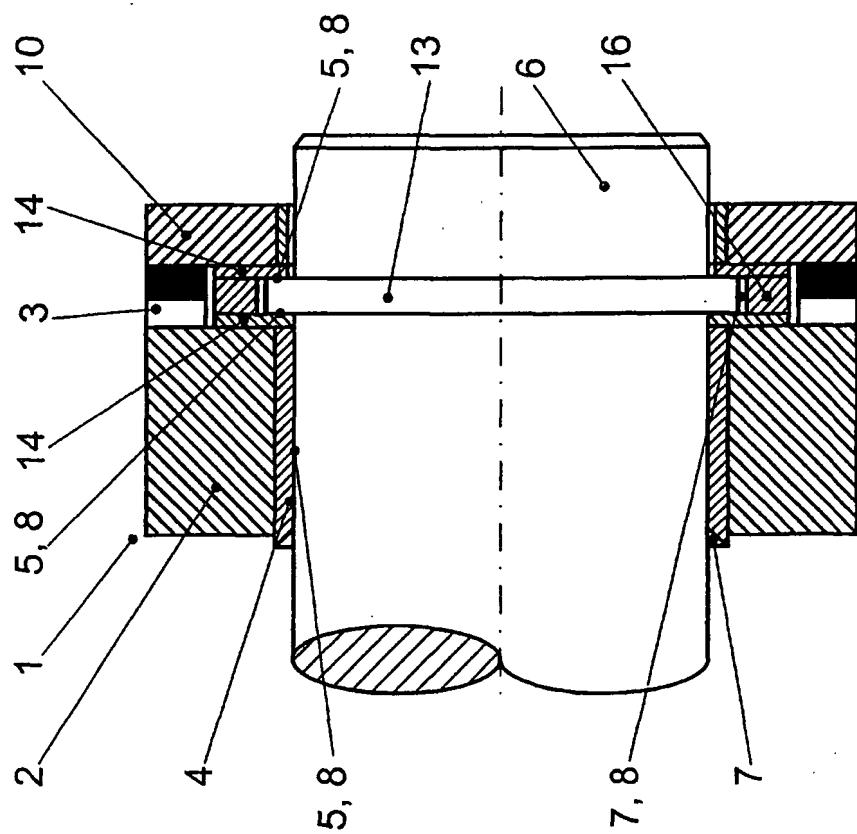


Fig. 7a

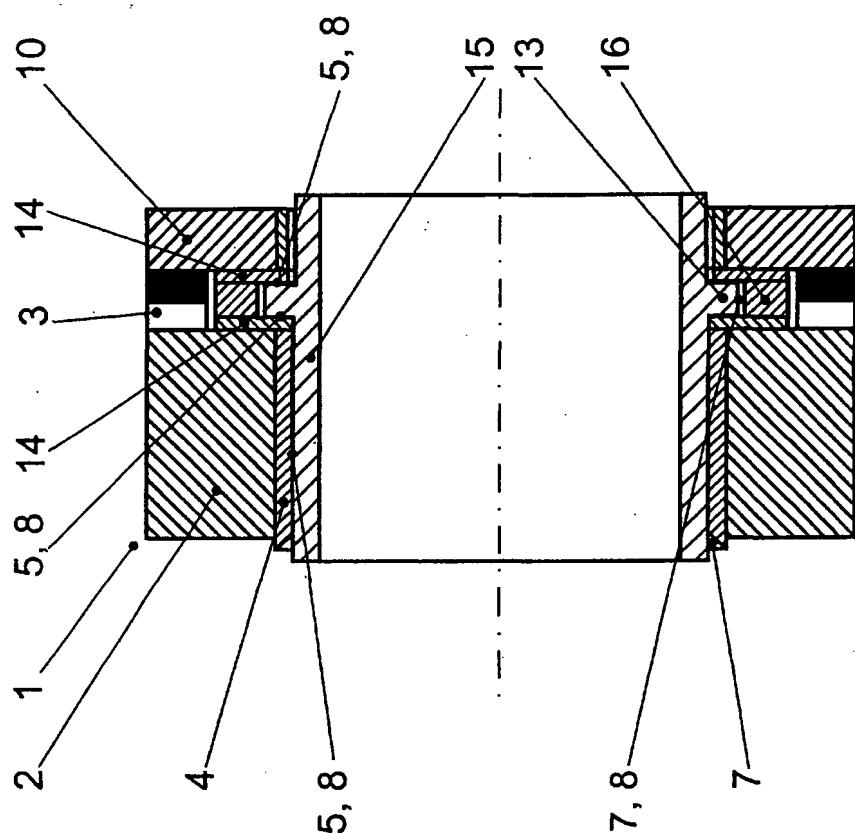


Fig. 7b

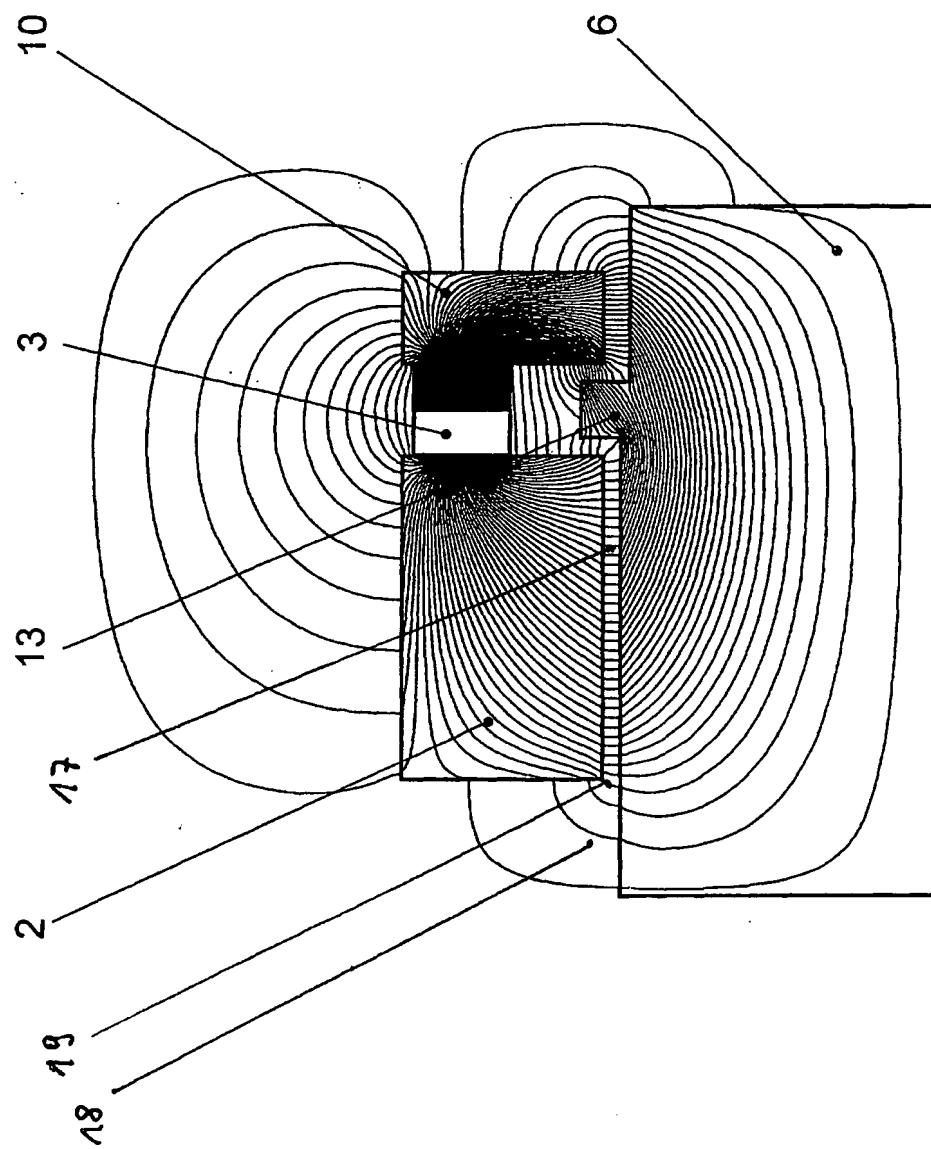


Fig. 7c

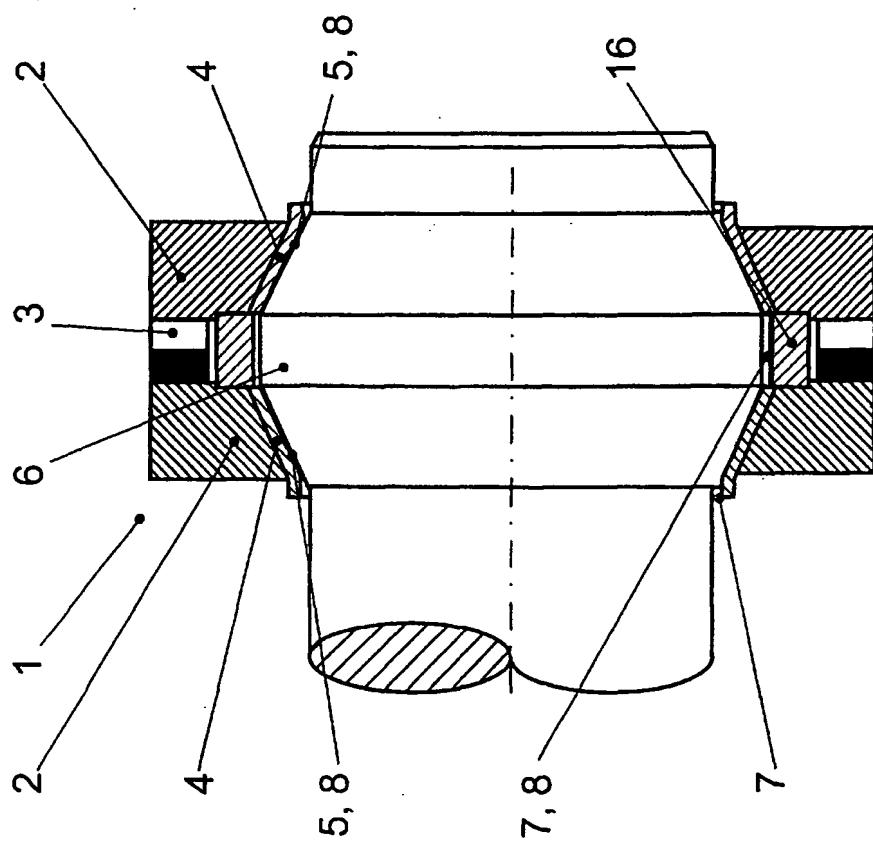


Fig. 8a

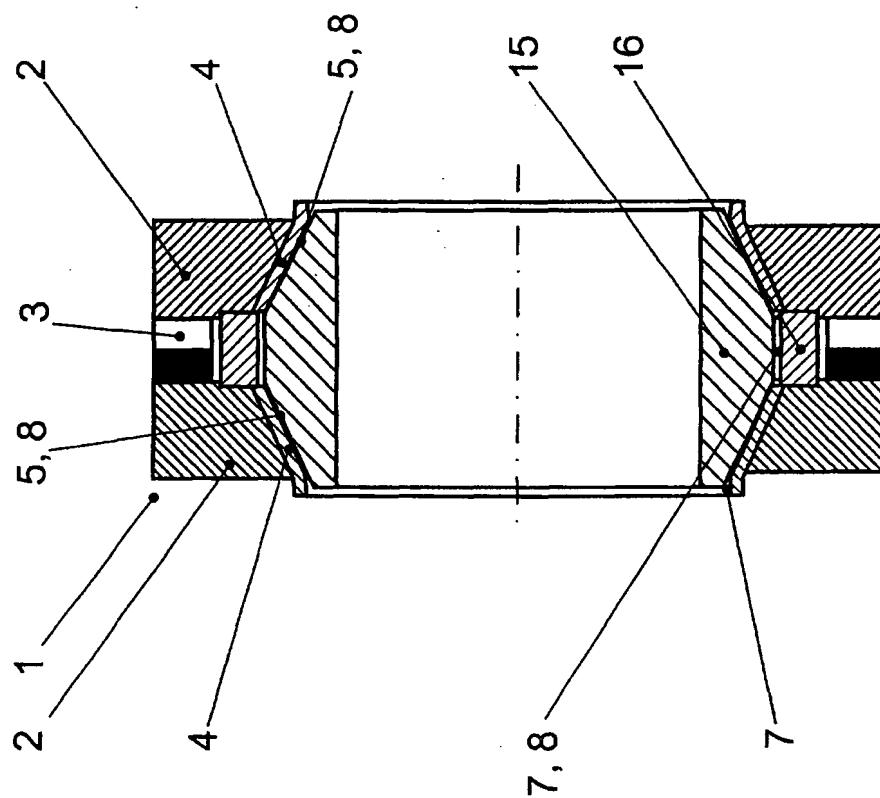


Fig. 8b

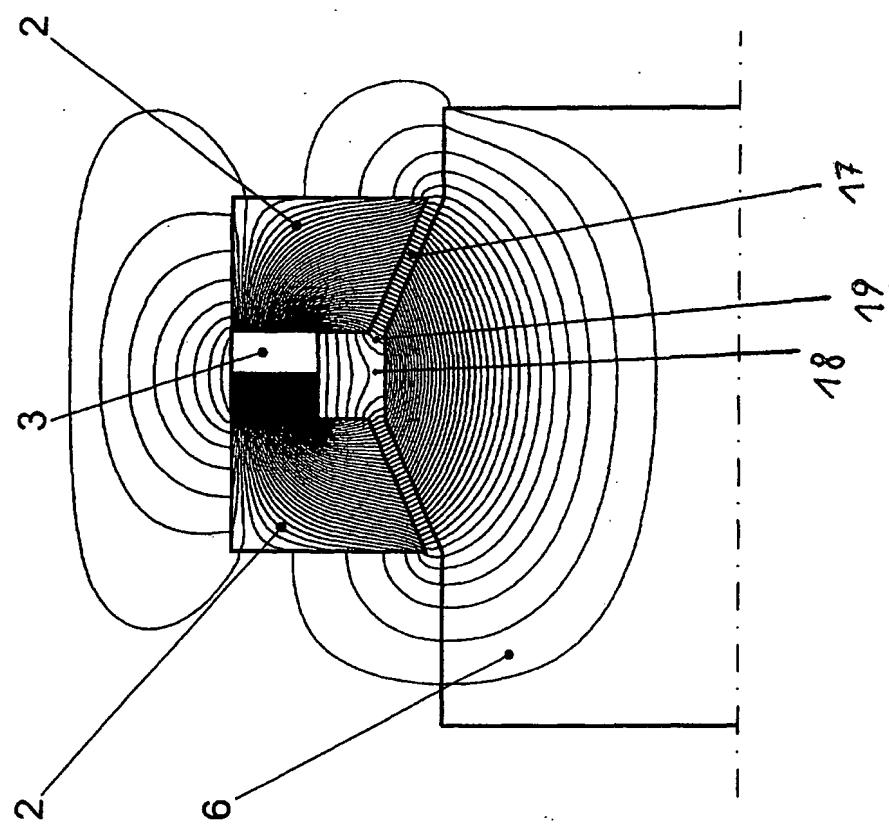


Fig. 8c

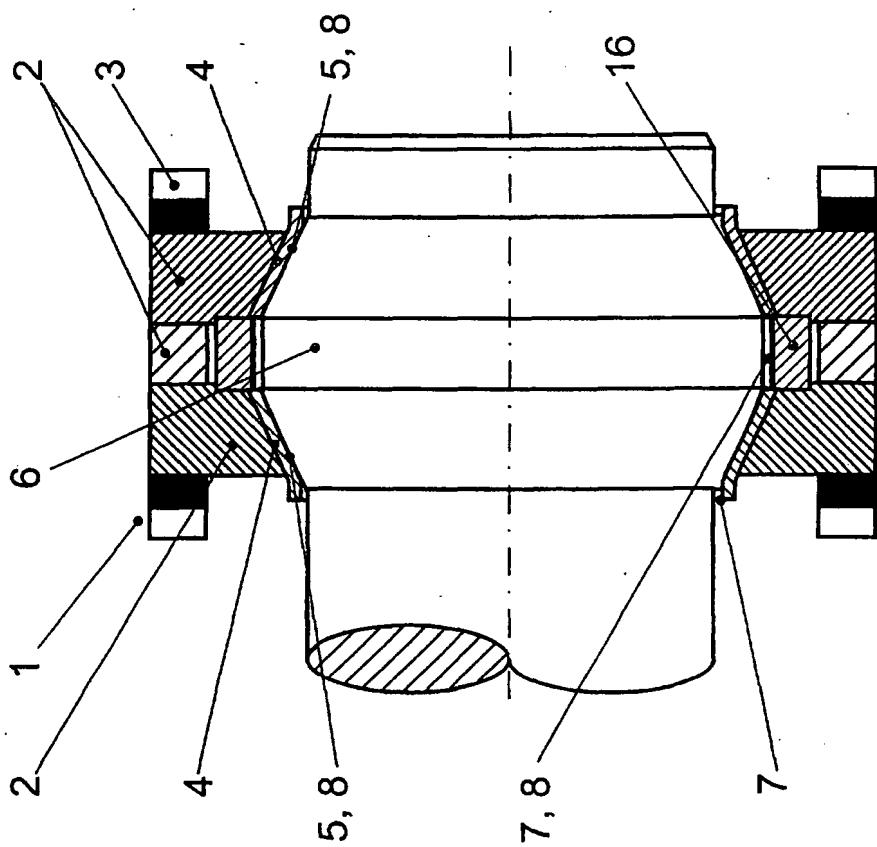


Fig. 9a

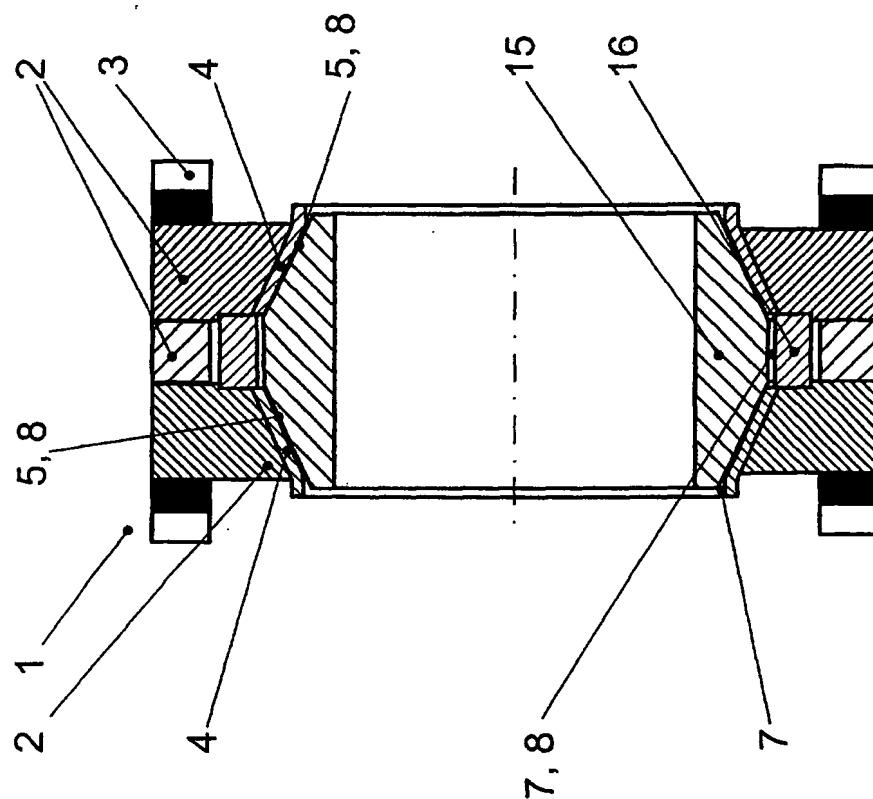


Fig. 9b

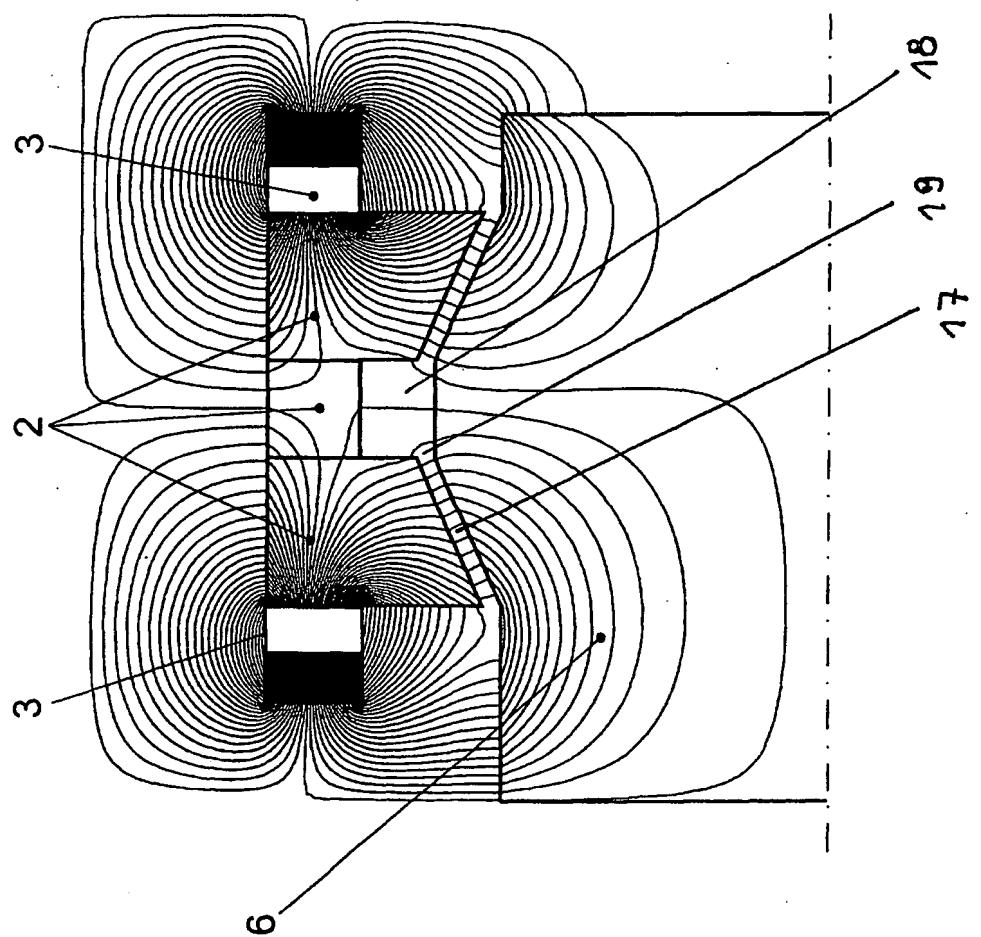


Fig. 9c